

KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN POLYETHYLENE TEREPHTHALATE SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR TERHADAP LASTON LAPIS AC-WC

Mohamad Shahibi Ahya¹, Woro Partini Maryunani², Ria Miftakhul Jannah³

Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jl. Kapten Supratman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116

Email: shahibiahya@gmail.com¹, maryunani_woro@yahoo.co.id², riamifta@untidar.ac.id³

ABSTRAK

Peraturan Presiden nomor 97 tahun 2017 menjelaskan potensi sampah pada tahun 2025 targetnya dapat berkurang 30% dan dapat diatasi sebesar 70%. Sehingga, perlu penanganan serius untuk menangani dan mengolah khususnya limbah *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang ada dilingkungan dengan inovasi baru untuk mengganti sebagian agregat kasar pada *Asphalt AC-WC*. Dalam studi ini adalah membahas apakah ada pengaruh penambahan PET terhadap karakteristik *marshall* pada campuran *Asphalt AC-WC*. Penelitian ini menggunakan metode Bina Marga 2018 dengan percobaan dan membandingkan dengan perlakuan tertentu pada beberapa kelompok benda uji. Variasi kadar *polyethylene terephthalate* (0%; 2%; 4%; 6% dan 8%) dan variasi kadar aspal (4,7%; 5,2%; 5,7%; 6,2% dan 6,7%). Hasil pengujian menunjukkan penggunaan PET sebagai pengganti sebagian agregat kasar didapatkan campuran kadar PET yang baik adalah kurang dari 4%. Hasil studi menunjukkan bahwa jika karakteristik *Marshall* yang baik adalah penggunaan kadar PET kurang dari 4% dengan kadar aspal sebesar 5,7% menunjukkan nilai stabilitas 1341,5 Kg; *flow* 3,63 mm; VIM 4,47%; VMA 15,59 %; VFB 71,32%; dan MQ 369,37 Kg/mm. Campuran tersebut telah sesuai seperti persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Kebutuhan limbah PET pada campuran AC-WC pada luas 1 m² adalah 3,36 Kg/m².

Kata Kunci: *Polyethylene Terephthalate, Marshall, Laston, AC-WC*

ABSTRACT

Presidential Regulation number 97 from Indonesia 2017 explains that in 2025 waste is to reduce by 30% and it can be optimum by 70%. Thus, serious actions are needed to handle and treat Polyethylene Terephthalate (PET) waste in the environment with innovation as a partial replacement for coarse aggregate in the AC-WC mixture. The purpose of this study is to determine the effect of using PET as coarse aggregate on the marshall characteristics of the AC-WC Asphalt mixture. This study uses Bina Marga 2018 method with experiments and comparisons of a relationship with certain treatments in several groups of test objects. The data analysis uses one-way ANOVA analysis. Each variations of PET content (0%; 2%; 4%; 6% and 8%) and variations of asphalt content (4,7%; 5,2%; 5,7%; 6,2% and 6,7 %). Results of the study show the use of PET as a substitute for coarse aggregate obtained a good mixture of PET content was less than 4%. Marshall test is obtained at a value of 4% PET using 60/70 penetration asphalt with an asphalt content of 5.7% which has a good effect on the value of marshall characteristics such as stability of 1341,5 Kg; the flow of 3,63 mm; VIM of 4,47%; VMA of 15,59%; VFB of 71,32%; and MQ of 369,37 Kg/mm. This mixture has the same requirements as the Bina Marga 2018 Specification. The need for PET waste in the AC-WC mixture with a 1 m² area is 3,36 Kg/m².

Keywords: *Polyethylene Terephthalate, Marshall, Laston, AC-WC*

PENDAHULUAN

Peraturan Presiden nomor 97 tahun 2017 yang membahas Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah dan Sejenis Sampah Rumah Tangga isinya menggambarkan potensi sampah pada tahun 2025 dapat berkurang sebesar 30% dan dapat diatasi sebesar 70%. Saat ini jumlah sampah yang dihasilkan secara nasional diperkirakan sebesar 67,1 juta ton/hari, diperkirakan timbulan sampah nasional tahun 2025 yaitu sebesar 71,3 juta ton/hari. Maka ditargetkan dapat berkurang sebesar 21,4 juta ton/hari dan dapat diolah sebesar 49,9 juta ton/hari. Salah satu indikator untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan meningkatkan pemanfaatan sampah sebagai sumber energi [1].

Sampah plastik merupakan salah satu masalah yang banyak dipelajari para ahli teliti karena sulit untuk terurai. Bukan hanya butuh waktu yang lama untuk terurai, tapi plastik yang tidak terpakai menumpuk menjadi sampah. Sampah plastik tidak hanya menumpuk di tanah, tetapi juga mengalir masuk ke dalam laut. Sampah yang ada di dalam laut dapat membahayakan ikan dan kehidupan hewan laut lainnya. Berbagai alternatif telah dicoba oleh pemerintah seperti membangun insinerator, memanfaatkan kembali sampah plastik, dan mengurangi menggunakan plastik. Tetapi alternatif tersebut belum memberikan dampak terhadap pengurangan sampah plastik di masyarakat [2].

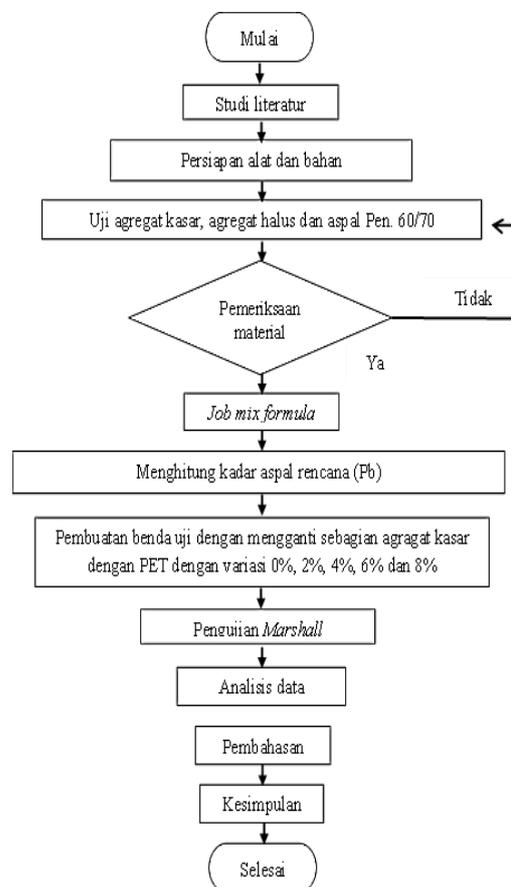
Untuk itu perlu adanya inovasi-inovasi agar untuk mengurangi limbah sampah plastik dengan harga yang lebih murah dan meningkatkan nilai mutu gunanya juga. Salah satu inovasi yang pernah ada adalah pembangunan jalan plastik di Jawa Barat. Pembangunan tersebut menggunakan 3,5 metrik ton campuran limbah plastik dan aspal dengan panjang 1,8 km dengan luas 9781m². Penelitian ini terbukti dapat bertahan lama dan kokoh dibandingkan perkerasan jalan yang dibuat *non-plastic* [3].

Dalam studi ini adalah membahas apakah ada pengaruh penambahan *polyethylene terephthalate* terhadap

karakteristik *marshall* pada campuran *Asphalt AC-WC* dengan variasi 0%; 2%; 4%; 6% dan 8% sebagai substitusi agregat kasar untuk campuran *asphalt AC-WC*. Kemudian dapat mengetahui penggunaan *polyethylene terephthalate* yang dapat digunakan sesuai spesifikasi Bina Marga 2018 dan volume kebutuhan *polyethylene terephthalate* sebagai substitusi agregat kasar dengan luas 1 m².

METODE

Proses pelaksanaan tahapan studi ini dapat dilihat pada bagan alur penelitian.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium PT Armada Hada Graha Magelang. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental desain empiris, yaitu metode yang melakukan eksperimen dan memperoleh data. Data tersebut diolah untuk dibandingkan dengan syarat-syarat yang ada dan dianalisis berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018.

Alat dan bahan dalam studi ini adalah batu pecah ¾” dan ½” sebagai agregat kasar, abu batu sebagai agregat halus, *polyethylene terephthalate* dan semen sebagai *filler*. Untuk pembuatan benda uji berjumlah 75 sampel.

Tabel 1. Pembuatan Benda Uji

Kadar Aspal	Persentase <i>Polyethylene Terephthalate</i>					Jumlah Benda Uji
	0%	2%	4%	6%	8%	
-1%	3	3	3	3	3	15
-0,5%	3	3	3	3	3	15
Pb	3	3	3	3	3	15
0,5%	3	3	3	3	3	15
1%	3	3	3	3	3	15
Jumlah Benda Uji						75

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian agregat yang digunakan pada studi ini telah sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Hasil uji bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Hasil	Syarat
Batu Pecah ¾” (19 mm – 12,5 mm)		
1	<i>Bulk Density</i> (gr/cc)	2,565 Min. 2,50
2	<i>SSD Density</i> (gr/cc)	2,619 Min. 2,50
3	<i>Apparent Density</i> (gr/cc)	2,710 Min. 2,50
4	<i>Water Absorption</i> (%)	2,093 Max. 3
Batu Pecah ½” (12,5 mm - 5 mm)		
1	<i>Bulk Density</i> (gr/cc)	2,597 Min. 2,50
2	<i>SSD Density</i> (gr/cc)	2,650 Min. 2,50
3	<i>Apparent Density</i> (gr/cc)	2,743 Min. 2,50
4	<i>Water Absorption</i> (%)	2,045 Max. 3

Tabel 3. Uji Pemeriksaan Agregat Halus

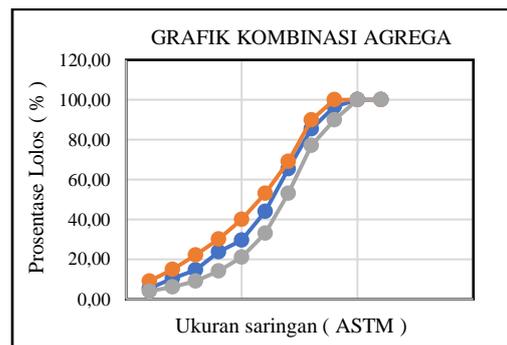
No	Hasil	Syarat
Abu Batu (Lolos 5 mm)		
1	<i>Bulk Density</i> (gr/cc)	2,558 Min. 2,50
2	<i>SSD Density</i> (gr/cc)	2,613 Min. 2,50
3	<i>Apparent Density</i> (gr/cc)	2,708 Min. 2,50
4	<i>Water Absorption</i> (%)	2,180 Max. 3

Aspal yang digunakan dalam studi ini yaitu *asphalt* pertamina penetrasi 60/70. Pengujian pada aspal telah sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Hasil uji bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pemeriksaan Aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat		Nilai Karakteristik
		Min	Max	
1	Penetrasi,	60 mm	70 mm	65,5 mm
2	Titik Lembek	≥ 48°C		50°C
3	<i>Daktilitas</i>	≥ 100 cm		145,6 cm
4	Berat jenis	≥ 1,0 gr/cm ³		1,028 gr/cm ³

Analisa saringan digunakan untuk menentukan pembagian besarnya ukuran agregat. Untuk campuran aspal, jika besarnya ukuran agregat sama/seragam maka volume rongga pada aspal akan besar. Bila ukuran agregatnya bervariasi maka volume rongga pada aspal akan kecil. Hal itu dikarenakan agregat dengan ukuran lebih kecil akan mengisi rongga-rongga pada agregat dengan ukuran yang lebih besar dan akan semakin rapat.



Gambar 2. Grafik Kombinasi Agregat

Dimana proporsi untuk batu pecah ¾” 10%, batu pecah ½” 40%, abu batu 49% dan filler 1%. Kemudian studi ini menggunakan campuran untuk agregat kasar 55,99%, agregat halus 38,62% dan *filler* 5,39%. Setelah mengetahui komposisi campuran, maka perlu mencari besarnya Perkiraan Kadar Aspal Rencana (Pb) adalah sebagai berikut:

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K$$

$$= 0,035(55,99) + 0,045(38,62) + 0,18(5,39) + 1$$

$$= 1,95965 + 1,783 + 0,970 + 1$$

$$= 5,67\% \text{ (Pb yang dipakai 5,7\%)}$$

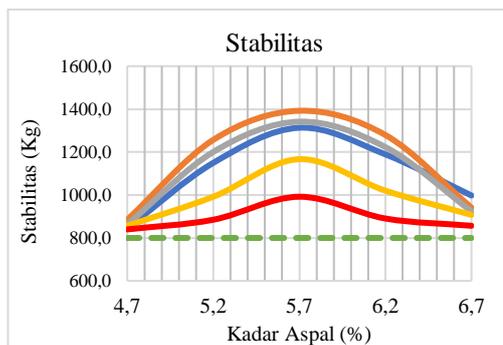
Dalam rangka penentuan karakteristik nilai *marshall* dan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimal (KAO) maka *marshall* diuji dengan 5 variasi kadar aspal (4,7%; 5,2%; 5,7%; 6,2% dan 6,7%) dengan 5 variasi agregat kasar (0%; 2%; 4%; 6% dan 8%).

1. Stabilitas

Stabilitas uji Marshall ditunjukkan dengan pembacaan nilai stabilitas beserta nilai kalibrasinya. Stabilitas adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan bentuk aslinya pada lapis perkerasannya setelah menerima beban lalu lintas kendaraan.

Tabel 5. Pengujian Stabilitas

Kadar Aspal	Kadar <i>Polyethylene Terephthalate</i>				
	0%	2%	4%	6%	8%
4,7 %	845,5	885,0	862,4	856,8	839,9
5,2 %	1149,9	1257,0	1200,6	992,1	885,0
5,7 %	1313,3	1392,3	1341,5	1166,8	992,1
6,2 %	1189,3	1279,5	1223,2	1020,2	890,6
6,7 %	997,7	941,3	924,4	907,5	856,8



Gambar 3. Pengujian Stabilitas

Hasil penelitian menunjukkan stabilitas akan meningkat seiring ditambahkannya jumlah aspal yang akan dipakai. Tetapi penggunaan aspal pada 5,7% - 6,7% cenderung akan menurunkan nilai stabilitasnya. Menurut Sukirman, (2003) Stabilitas maksimum akan terjadi apabila ditambahkannya pemakaian kadar aspal, namun setelah nilai stabilitas maksimum tercapai maka akan cenderung menurun kembali nilai stabilitasnya [4].

Dalam spesifikasi Bina Marga 2018, stabilitas memiliki nilai persyaratan minimum yaitu 800 kg. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas campuran aspal dengan *polyethylene terephthalate* atau campuran aspal tanpa *polyethylene terephthalate* sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai stabilitas tertinggi diperoleh dengan penggunaan *polyethylene terephthalate* sebesar 2% dan menggunakan aspal dengan kadar 5,7%

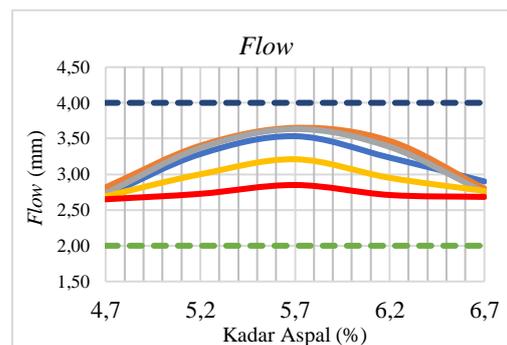
menghasilkan nilai stabilitas 1392,3 kg. Nilai stabilitas paling rendah dicapai pada penggunaan *polyethylene terephthalate* 8% dan menggunakan kadar aspal 4,7% menghasilkan nilai stabilitas sebesar 839,9 kg. Dengan penambahan variasi kadar *polyethylene terephthalate* 2% sampai 4% dapat menunjukkan kecenderungan nilai stabilitas meningkat.

2. Flow

Flow merupakan jumlah pengurangan/penurunan campuran aspal akibat pembebanan hingga batas terjadinya keruntuhan dengan satuan mili meter (mm). Kelelahan bisa dijadikan indikasi lenturnya campuran aspal setelah menerima beban lalu lintas kendaraan.

Tabel 6. Pengujian *Flow*

Kadar Aspal	Kadar <i>Polyethylene Terephthalate</i>				
	0%	2%	4%	6%	8%
4,7 %	2,70	2,82	2,73	2,69	2,65
5,2 %	3,28	3,40	3,37	3,00	2,73
5,7 %	3,53	3,65	3,63	3,21	2,85
6,2 %	3,23	3,47	3,38	2,95	2,71
6,7 %	2,90	2,80	2,75	2,77	2,68



Gambar 4. Pengujian *Flow*

Flow menunjukkan semakin bertambahnya kadar aspal yang terpakai maka akan meningkatkan nilai *flow*. Akan tetapi setelah nilai maksimal *flow* maka akan menurunkan nilai *flow* seperti saat penggunaan kadar aspal 5,7% - 6,7%. Meningkatnya nilai *flow* dengan penambahan *polyethylene terephthalate* karena aspal menjadi fleksibel dan selimut aspal semakin tebal.

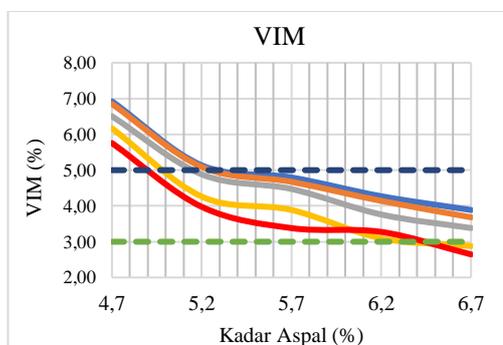
Dalam spesifikasi Bina Marga 2018, *flow* memiliki nilai persyaratan 2mm hingga 4mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *flow* pada campuran aspal dengan atau tanpa *polyethylene terephthalate* memenuhi spesifikasi sesuai Bina Marga 2018. Nilai *flow* tertinggi diperoleh dengan penggunaan *polyethylene terephthalate* sebesar 2% dan menggunakan kadar aspal 5,7% menghasilkan nilai *flow* sebesar 3,65 mm. Nilai *flow* paling rendah dicapai pada penggunaan *polyethylene terephthalate* 8% dan menggunakan kadar aspal 4,7% menghasilkan nilai *flow* sebesar 2,65 mm.

3. Voids In Mix (VIM)

VIM merupakan persentase dari jumlah rongga/lubang udara yang ada dalam campuran. Rongga/lubang tersebut diperlukan untuk memberi bagian pada komponen campuran sesuai dengan sifat kelenturannya. Nilai VIM dipengaruhi oleh besar kecilnya agregat, jumlah kadar aspal yang dipakai dan kepadatan campuran pada aspal.

Tabel 7. Pengujian VIM

Kadar Aspal	Kadar <i>Polyethylene Terephthalate</i>				
	0%	2%	4%	6%	8%
4,7 %	6,92	6,85	6,51	6,17	5,76
5,2 %	5,13	5,09	4,88	4,26	3,97
5,7 %	4,80	4,67	4,47	3,89	3,38
6,2 %	4,27	4,14	3,76	3,09	3,27
6,7 %	3,89	3,68	3,38	2,88	2,65



Gambar 5. Pengujian VIM

Menurut penelitian Anni Susilowati (2021), penambahan sampah plastik akan menurunkan hasil nilai VIM. Ketika

rongga/lubang udara dalam campuran aspal diisi oleh lelehan sampah plastik, maka campuran tersebut akan menjadi padat dan mempersulit udara dan air masuk ke rongga/lubang pada campuran dan meningkatkan daya tahan aspal [5]. Menurut Purnamasari P.E. (2010), semakin banyak menggunakan aspal pada campuran maka semakin rendah nilai VIM, karena rongga/lubang antara agregat akan diisi oleh aspal [6]. Hasil perolehan studi ini konsisten dengan studi-studi yang pernah dilakukan sebelumnya.

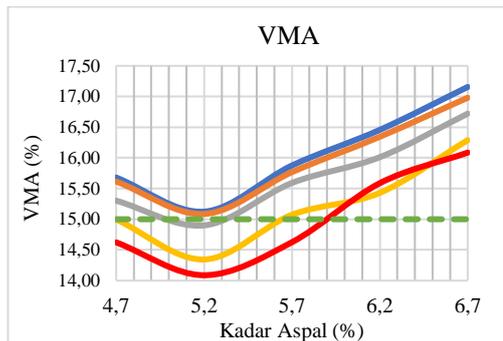
Dalam spesifikasi Bina Marga 2018, kebutuhan VIM adalah 3% sampai 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *polyethylene terephthalate* cenderung menurunkan kadar VIM. Saat kelelahan *polyethylene terephthalate* memasuki rongga/lubang maka campuran akan memadat sehingga udara dan air sulit untuk masuk dalam rongga/lubang akhirnya akan meningkatkan daya tahan aspalnya. Pengujian VIM dengan campuran *polyethylene terephthalate* ada yang belum sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 adalah saat menggunakan kadar aspal 4,7% dan 6,7%. Nilai VIM tertinggi diperoleh dengan penggunaan *polyethylene terephthalate* sebesar 0% dan menggunakan kadar aspal 4,7% menghasilkan nilai VIM sebesar 6,92%. Nilai VIM paling rendah dicapai pada penggunaan *polyethylene terephthalate* 8% dan menggunakan kadar aspal 6,7% menghasilkan nilai VIM sebesar 2,20%.

4. Voids In Mineral Agregat (VMA)

VMA merupakan rongga/lubang di antara agregat *hot mix* yang dihasilkan, termasuk rongga/lubang yang terisi aspal. VMA biasanya dikenal sebagai jumlah persentase aspal *hot mix*. Penggunaan VMA yaitu untuk menampung kapasitas rongga yang diperlukan untuk campuran aspal dan *hot mix*. Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai VMA yaitu jumlah penggunaan aspal, *grade material stack*, jumlah penggunaan tumbukan dalam pemadatan aspal dan suhu kompresi.

Tabel 8. Pengujian VMA

Kadar Aspal	Kadar <i>Polyethylene Terephthalate</i>				
	0%	2%	4%	6%	8%
4,7 %	15,68	15,61	15,30	15,00	14,62
5,2 %	15,12	15,09	14,90	14,34	14,09
5,7 %	15,88	15,77	15,59	15,07	14,63
6,2 %	16,46	16,34	16,01	15,43	15,59
6,7 %	17,16	16,98	16,72	16,29	16,09



Gambar 6. Pengujian VMA

Menurut penelitian Anni Susilowati (2021), kadar VMA cenderung menurun seiring dengan meningkatnya jumlah sampah plastik. Hal ini dikarenakan setiap penambahan sampah plastik meningkatkan densitas campuran dan mengisi rongga dengan aspal. Untuk membuat campuran lebih padat, akan membuat aspal lebih kecil kemungkinannya untuk teroksidasi dan membuat campuran tahan lama [5]. Hasil ini juga didukung oleh penelitian Abdul Gaus (2020) dan penelitian Rian Warnadi Eriyono (2017) penambahan *polyethylene terephthalate* akan cenderung menurunkan besarnya nilai VMA [2].

Dalam spesifikasi Bina Marga 2018, VMA memiliki nilai persyaratan minimum 15%. Pengujian nilai VMA dengan campuran *polyethylene terephthalate* ada yang belum sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 adalah saat menggunakan kadar aspal 5,2%. Nilai VMA kurang dari 15% bisa mengakibatkan masalah keawetan pada aspal. Nilai VMA tertinggi diperoleh dengan penggunaan *polyethylene terephthalate* sebesar 0% dan menggunakan kadar aspal 6,7% menghasilkan nilai VMA sebesar 17,16%. Nilai VMA paling rendah dicapai pada

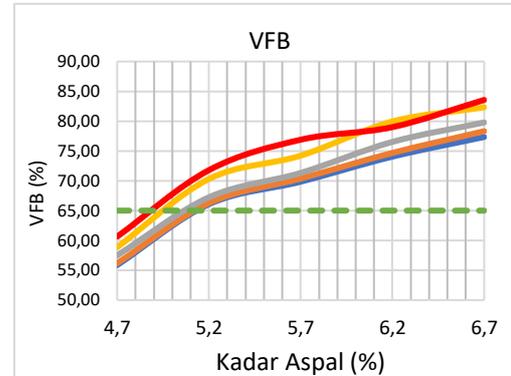
penggunaan *polyethylene terephthalate* 8% dan menggunakan kadar aspal 5,2% menghasilkan nilai VMA sebesar 14,09%.

5. Voids Filled Bitumen (VFB)

VFB merupakan proses pengisian gelembung dengan aspal dalam campuran terkompresi. Nilai VFB mewakili kedap air dan kedap udara dari campuran, serta sifat elastisnya. faktor yang mempengaruhi nilai VFB yaitu energi, temperatur kompresi, jenis/kandungan aspal serta besar kecilnya ukuran agregat.

Tabel 9. Pengujian VFB

Kadar Aspal	Kadar <i>Polyethylene Terephthalate</i>				
	0%	2%	4%	6%	8%
4,7 %	55,87	56,17	57,49	58,86	60,64
5,2 %	66,08	66,26	67,23	70,30	71,79
5,7 %	69,85	70,37	71,32	74,22	76,89
6,2 %	74,05	74,67	76,52	79,95	79,00
6,7 %	77,35	78,32	79,78	82,32	83,56



Gambar 7. Pengujian VFB

Menurut Anni Susilowati (2021), nilai VFB akan meningkat seiring bertambahnya jumlah penggunaan sampah plastik. Karena fraksi sampah plastik berperan mengisi rongga/lubang antar agregat sehingga aspal lebih kecil kemungkinannya untuk teroksidasi sehingga lapisan perkerasan lebih tebal dan akan meningkatkan daya tahan [5]. Hasil yang diperoleh sesuai dengan pernyataan Anni Susilowati. Penelitian ini didukung oleh Abdul Gaus (2020) bahwa meningkatnya penggunaan kadar aspal akan mengakibatkan nilai VFB semakin tinggi. Karena meningkatnya

penggunaan aspal juga meningkatkan rongga/lubang pada campuran yang dapat diisi dengan aspal [2].

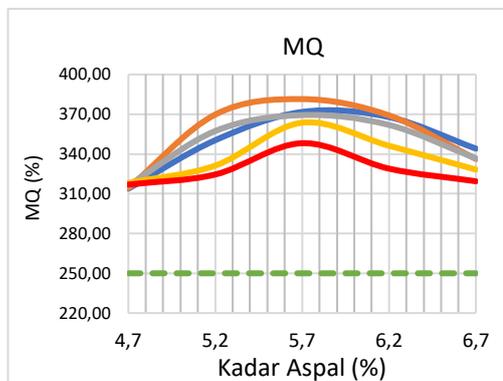
Dalam spesifikasi Bina Marga 2018, VFB memiliki nilai persyaratan minimum 65%. Hasil pengujian nilai VFB dengan campuran PET ada yang belum memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu saat penggunaan kadar aspal 4,7%. Jika nilai VFB kurang dari 65% maka densitas campuran akan menurun karena sedikitnya rongga/lubang udara yang terisi aspal. Rongga/lubang kosong memudahkan proses oksidasi sehingga daya tahan lapis keras berkurang. Nilai VFB tertinggi dengan penggunaan PET 8% dan kadar aspal 6,7% menghasilkan nilai 85,99%. Nilai VFB terendah menggunakan PET 0% dan kadar aspal 4,7% menghasilkan nilai 55,87%.

6. Marshall Quotient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* adalah hasil nilai stabilitas sebagai tingkat kekakuan dibagi oleh nilai *flow* sebagai tingkat kelenturan. Semakin tinggi hasil dari *Marshall Quotient* maka campuran tersebut bertambah keras. Jika semakin rendah hasil dari *Marshall Quotient* maka perkerasanya bertambah fleksibel.

Tabel 10. Pengujian MQ

Kadar Aspal	Kadar <i>Polyethylene Terephthalate</i>				
	0%	2%	4%	6%	8%
4,7 %	313,83	314,32	316,16	318,23	316,93
5,2 %	350,40	369,78	357,34	331,25	324,56
5,7 %	371,74	381,44	369,37	363,64	348,16
6,2 %	367,85	369,13	361,93	346,24	328,97
6,7 %	344,07	336,22	336,70	328,24	319,44



Gambar 8. Pengujian MQ

Menurut Abdul Gaus (2020), nilai *Marshall Quotient* campuran dengan menambahkan *polyethylene terephthalate* nilainya akan meningkat dibandingkan dengan campuran tidak menggunakan *Polyethylene Terephthalate*. Karena nilai stabilitas yang mengandung *polyethylene terephthalate* lebih besar dan nilai *flow* lebih kecil dibandingkan dengan tidak menggunakan *Polyethylene Terephthalate*. Penggunaan kadar aspal 4,5% hingga 5,5% meningkatkan nilai MQ sedangkan penggunaan kadar aspal 5,5% hingga 6,5% akan menurunkan nilai MQ [2].

Dalam spesifikasi Bina Marga 2018, *Marshall Quotient* memiliki nilai persyaratan minimum yaitu 250 kg/mm. Jika nilai *Marshall Quotient* kurang dari 250 kg/mm maka *asphalt concrete* dikatakan fleksibel dan mudah berubah bentuk saat dibebani. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* campuran aspal dengan atau tanpa *polyethylene terephthalate* memenuhi spesifikasi sesuai Bina Marga 2018. Nilai *Marshall Quotient* tertinggi diperoleh dengan penggunaan PET sebesar 2% dan kadar aspal 5,7% menghasilkan nilai MQ sebesar 381,44 kg/mm. Nilai MQ paling rendah dicapai pada penggunaan PET 0% dan menggunakan kadar aspal 4,7% menghasilkan nilai MQ sebesar 313,83 kg/mm.

Kebutuhan *Polyethylene Terephthalate* dalam campuran AC-WC

Berdasarkan penelitian pemanfaatan limbah *polyethylene terephthalate* sebagai substitusi sebagian agregat kasar menunjukkan nilai karakteristik yang baik pada kadar *polyethylene terephthalate* kurang dari 4%. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan kebutuhan *polyethylene terephthalate* untuk campuran aspal AC-WC dengan luas 1 m². Berdasarkan perhitungan jumlah *polyethylene terephthalate* menggunakan variasi 4% dengan kadar aspal 6% sebagai substitusi sebagian agregat kasar pada campuran AC-WC dengan luas 1 m² didapatkan kebutuhan limbah *polyethylene terephthalate* yang dapat digunakan dalam campuran AC-WC adalah 3,36 Kg/m².

KESIMPULAN

1. Karakteristik *marshall* optimum campuran terjadi pada kadar *Polyethylene Terephthalate* 2% dengan kadar aspal 5,7% menghasilkan nilai stabilitas 1392,3 kg, *flow* 3,65 mm, VIM 4,67%, VMA 15.77 %, VFB 70,37%, dan MQ 381,4 kg/mm.

2. Dengan penggunaan *polyethylene terephthalate* sebagai pengganti sebagian agregat kasar didapatkan campuran kadar *polyethylene terephthalate* yang baik adalah kurang dari 4%. Semakin bercampurnya sampah plastik dengan aspal, maka aspal akan semakin melekat kuat, selimut aspal bertambah besar, dan campuran aspal beton menjadi lebih lentur.

3. Berdasarkan perhitungan kebutuhan *polyethylene terephthalate* untuk pengganti sebagian agregat kasar pada campuran aspal dengan luas 1 m² didapatkan hasil kebutuhan limbah *polyethylene terephthalate* dalam campuran AC-WC adalah 3,36 Kg/m².

SARAN

1. Penelitian dapat dilanjutkan dengan penggunaan agregat kasar dan agregat halus yang berbeda seperti dari tempat lain.

2. Studi dapat dikembangkan dengan menambahkan aditif atau menggunakan berbagai perawatan yang berbeda untuk meningkatkan nilai sifat Marshall dari campuran AC-WC dengan *polyethylene terephthalate*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Tahun 2020.

[2] Gaus, Abdul, dkk., 2020. Karakteristik Marshal Campuran Aspal Beton Menggunakan Limbah Plastik. ISSN 2621-3435.

[3] Hidayat. F., 2018. *Dow* Perkuatan Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia.

[4] Sukirman, S., 2003. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Badan Standarisasi Nasional.

[5] Susilowati, Anni, dkk., 2021. Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal Campuran Panas. Bangun Rekaprima Vol.07/2.

[6] P. Eliza Purnamasari dan Fransiskus Suryaman, 2010 “Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Lapis Aspal Beton.